

## STUDI POLA TRANSFORMASI GELOMBANG DI PERAIRAN KOTA TEGAL

Ahmad Nur Huda, Agus Anugroho Dwi Suryoputro, Petrus Subardjo

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan,  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang – 50276. Telp/Fax (024) 7474698

### Abstrak

*Gelombang merupakan salah satu aspek oseanografi yang penting dalam merencanakan suatu bangunan pantai, penentuan tata letak (layout) pelabuhan, alur pelayaran, dan pengelolaan lingkungan laut. Gelombang menuju pantai akan mengalami transformasi yang berpengaruh terhadap perubahan tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui transformasi gelombang berupa efek pendangkalan, refraksi, dan difraksi di Perairan Kota Tegal. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16 – 19 Oktober 2013 di Kota Tegal. Data yang digunakan adalah data tinggi, periode gelombang, angin dan data batimetri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif. Peramalan gelombang tiap musim diperoleh dari data angin dengan menggunakan metode SMB, sedangkan model transformasi gelombang menggunakan software CMS-Wave. Gelombang di Perairan Kota Tegal memiliki tipe gelombang laut transisi dengan tinggi gelombang signifikan 0,19 meter dan periode gelombang signifikan 1,71 detik. Gelombang menjalar dari laut dalam menuju daratan mengalami transformasi. Refraksi terjadi pada seluruh skenario musim karena pengaruh perubahan kedalaman laut, gelombang dari laut dalam mengalami pembelokan ketika memasuki perairan dangkal dan berubah tegak lurus dengan kontur dasar laut. Difraksi terjadi ketika gelombang bertemu rintangan berupa jetty dan dibelokkan disekitar ujung rintangan. Efek pendangkalan terlihat pada skenario musim timur ketika arah datang gelombang berasal dari timur laut. Gelombang bertambah tinggi kemudian menurun lagi ketika kedalaman bertambah.*

**Kata kunci:** Transformasi Gelombang, CMS-Wave, Perairan Kota Tegal.

### Abstract

*Sea wave is one of the important aspects of oceanography in planning of a beach building, determining of port layout, shipping line, and the managing of marine environment. The wave which it moves to the beach will be transforming into several processes that contribute to the change in wave height and direction as well as the distribution of wave energy. The aim of this research is to determine the effects of wave transformation, refraction, and diffraction in the Tegal coastal area. This research was conducted on 16<sup>th</sup> October – 19<sup>th</sup> October 2013 in Tegal. The primary data was wave height and direction data and the secondary data were wind and bathymetry data. This research used descriptive method. The wave forecasting data was calculated by SMB method whereas the model of wave transformation stimulated by CMS-Wave module. The wave in Tegal coastal area typically is transitional water with height of significant wave reached 0.19 m with period 1.71 s. Wave propagates from the sea to the mainland through a transformation. Refraction occurs in the whole scenario of the season because the effect of changes in the depth of the sea, the waves in the deflection experienced when entering the shallow waters and turned perpendicular to the contour of the seabed. Diffraction occurs when waves meet obstacles, jetty form, and deflected around the end of obstacles. Shoaling effect seen in east monsoon scenario when the wave direction comes from the northeast. Wave height increases and then decreases again as the depth increases.*

**Keywords:** Wave transformation, CMS-Wave, Tegal Coastal Area

## Pendahuluan

Gelombang merupakan salah satu aspek oseanografi yang penting dalam merencanakan suatu bangunan pantai, penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, dan pengelolaan lingkungan laut. Menurut Triatmodjo (2008) gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang yang bergerak mendekati pantai, semakin dangkal suatu perairan maka gelombang akan semakin bergesekan dengan dasar laut, hal ini menyebabkan pecahnya gelombang. Hal ini menyebabkan terjadinya peristiwa pengadukan yang kemudian membawa material dari dasar pantai. Pengaruh aspek fisika perairan khususnya gelombang terhadap wilayah pesisir merupakan konsekuensi alami. Aktivitas gelombang terhadap wilayah pesisir menyebabkan reaksi terhadap wilayah pesisir tersebut. Reaksi tersebut berupa terjadinya erosi pantai dan kerusakan bangunan pantai (Pratikto, 1997).

Perubahan bentuk dan arah penjalaran gelombang yang menjalar dari perairan laut dalam menuju pantai disebut transformasi gelombang. Proses transformasi gelombang berupa proses refraksi, refleksi, difraksi, *shoaling*, dan gelombang pecah. Proses – proses tersebut mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999). Pemahaman mengenai transformasi gelombang sangat penting dalam memahami proses dinamis pantai. Sudut datang, durasi dan energi gelombang sangat mempengaruhi laju transport sedimen dalam arah tegak lurus maupun sepanjang pantai. Sehingga informasi ini selanjutnya dapat digunakan untuk memperkirakan besar dan arah abrasi dan sedimentasi yang terjadi di suatu pantai.

Kota Tegal secara geografik terletak pada yang terletak 109°08' sampai 109°10' Bujur Timur dan 6°50' sampaidengan 6°53' Lintang Selatan. Kota Tegal merupakan kota pesisir yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Perkembangan pembangunan Kota Tegal terutama di wilayah pesisirnya sangat pesat. Kota ini memiliki pelabuhan niaga dan pelabuhan perikanan. Sektor pariwisata berupa pantai juga memiliki perkembangan yang pesat dengan meningkatnya pengunjung di setiap tahunnya. Perkembangan yang cukup pesat ini menjadikan Kota Tegal memerlukan perhatian lebih dalam pengelolaan dan perlindungan wilayah pantai. Pembangunan tersebut menyebabkan perubahan kondisi parameter fisika di perairan Kota Tegal. Gelombang merupakan salah satu parameter fisika perairan yang penting untuk dikaji karena karakteristik gelombang khususnya proses dinamika transformasi gelombang pada dapat dijadikan acuan dalam menggambarkan kondisi pantai yang erat kaitannya dengan keseimbangan pantai.

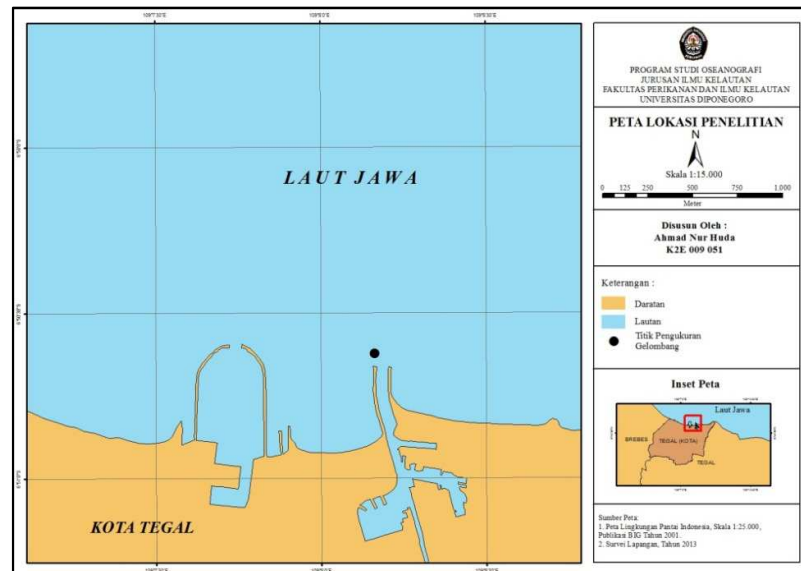
## Materi dan Metode

Materi yang digunakan dalam penelitian ini berupa data gelombang pengukuran lapangan yang terdiri dari tinggi (H) dan periode (T) gelombang, data angin selama 5 tahun (2009-2013) diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Tegal, peta kedalaman laut (batimetri) skala 1:10.000 tahun 2004 dari Dinas Hidro Oseanografi TNI AL dan peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) Kota Tegal skala 1:25.000 tahun 2001 dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Menurut Suryabrata (1992) merupakan metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti pada waktu terbatas dan pada lokasi tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara local. Penentuan lokasi stasiun pengukuran dengan metode *purposive sampling method* yaitu penentuan titik lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan - pertimbangan tertentu dari peneliti (Sudjana, 1992). Titik penelitian tersebut ditentukan dengan pertimbangan bebas gangguan aktivitas manusia maupun pengaruh dari bangunan pantai sehingga gelombang yang terbentuk akibat angin tidak terhalangi kondisinya. Pengukuran

gelombang dilakukan pada satu titik, yaitu terletak pada koordinat  $-109^{\circ}8'10,287''\text{BT}$  dan  $6^{\circ}50'37,521''\text{LS}$  dengan kedalaman 2 meter.

Pengukuran parameter gelombang dilakukan dengan teknik langsung (*visual observation*) menggunakan palem gelombang yaitu berupa papan berskala. Pengukuran dilakukan dengan cara mengamati batas elevasi puncak dan batas elevasi yang melewati skala pada palem gelombang. Jarak antara batas puncak dan batas bawah dicatat menggunakan *stopwatch* sebagai fungsi waktu antar puncak gelombang pertama yang melewati palem gelombang sampai puncak berikutnya, dan arah gelombang didapatkan menggunakan kompas tembak. (*World Meteorological Organization*, 1998).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Analisis parameter gelombang laut dilakukan dengan konversi data angin menjadi data gelombang menggunakan metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB) (CERC, 1984). Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin maksimum yang dapat membangkitkan gelombang, yakni kecepatan  $\geq 10$  knot. Data angin ini terlebih dahulu dikoreksi/ditransformasi menjadi data angin yang dapat membangkitkan gelombang. Analisis yang digunakan mengikuti petunjuk dari *Coastal and Hydraulic Laboratory* (CHL) tahun 2002.

Analisis penjalaran dan transformasi gelombang diselesaikan dengan menggunakan pendekatan model *CMS-Wave 2D* pada software *Surface-water Modelling System* (SMS) versi 10.0. Inputan data pada model ini merupakan hasil peramalan gelombang dari konversi data angin, berupa data tinggi gelombang signifikan, periode puncak, dan arah gelombang dari laut dalam ( $H_s$ ,  $T_p$ , dan  $\theta_0$ ). Setelah didapatkan data hasil dari peramalan dan model kemudian dilakukan verifikasi.

Verifikasi dilakukan menjadi dua tahap yaitu verifikasi peramalan dan verifikasi hasil model. Triatmodjo (2002) menjelaskan bahwa kesalahan antara nilai perkiraan dan nilai eksak dapat dinyatakan dalam bentuk kesalahan relatif menggunakan persamaan:

$$RE = \frac{|X - C|}{|X|} \times 100 \%$$

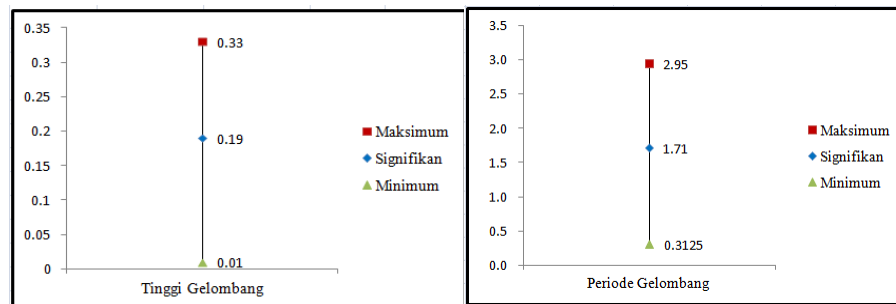
## Hasil dan Pembahasan

### a. Gelombang Pengukuran Lapangan

Data tinggi dan periode pengukuran gelombang lapangan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Tinggi dan Periode Gelombang Representatif Pengukuran Lapangan

Keterangan	Maksimum	Signifikan	Minimum
Tinggi Gelombang	0.33	0.19	0.01
Periode Gelombang	2.95	1.71	0.3125

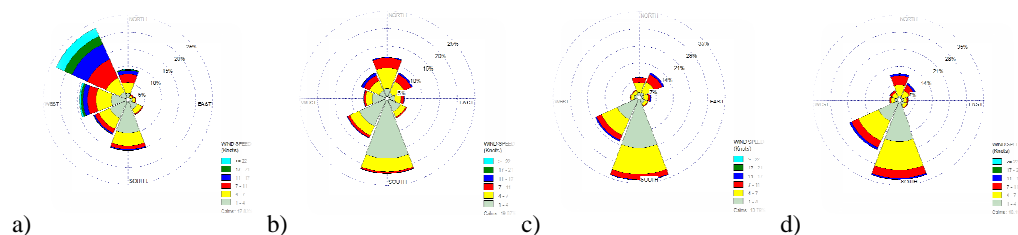


Gambar 2. Tinggi dan Periode Gelombang Representatif

Berdasarkan gaya pembangkitnya, gelombang pada lokasi pengukuran adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin, karena memiliki periode signifikan 1.71 detik. Menurut Munk (1951) dalam Sugianto (2010) gelombang yang dibangkitkan oleh angin memiliki periode signifikan 1 – 10 detik. Perairan Kota Tegal termasuk tipe gelombang laut transisi perairan menengah karena nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) sebesar 0.462959. Hal ini sesuai dengan pernyataan Triatmodjo (1999) bahwa gelombang perairan menengah memiliki kedalaman relatif antara  $0,05 < d/L < 0,5$ , sehingga gelombang yang terjadi di Perairan Kota Tegal karakteristiknya dipengaruhi oleh angin.

### b. Konversi Data Angin

Data angin selama 5 tahun (2009 – 2013) yang diperoleh dari BMKG Kota Tegal digunakan untuk peramalan gelombang dan diklasifikasikan berdasarkan Musim. Diagram arah dan kecepatan angin tiap musim ditunjukkan pada gambar 3 :



Gambar 3. Mawar angin pada a) Musim Barat, b) Musim Peralihan I, c) Musim Timur, dan d) Peralihan II.

Hasil konversi data angin menjadi data gelombang tiap musim dijabarkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Tinggi dan Periode Gelombang Representatif Tiap Musim

Musim	Hmax (meter)	Hs (meter)	Hmin (meter)	Tmax (detik)	Ts (detik)	Tmin (detik)
Barat	1.34	0.58	0.34	3.73	2.66	2.16
Peralihan I	0.98	0.48	0.34	3.29	2.47	2.16
Timur	0.87	0.40	0.11	3.29	2.31	0.97
Peralihan II	0.9	0.42	0.10	3.13	2.36	0.97

Hasil pengukuran lapangan pada tanggal 6 – 9 Oktober 2013 digunakan untuk memverifikasi data peramalan pada waktu yang sama dengan saat pengukuran. Hasil Verifikasi data lapangan dengan data peramalan gelombang dijabarkan dalam tabel 3.

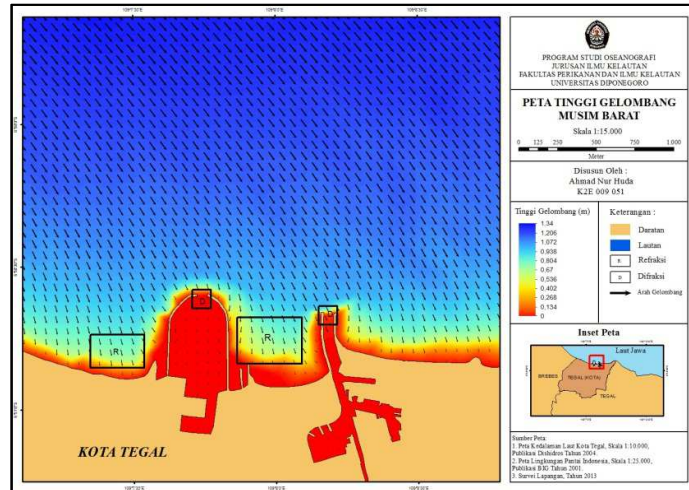
Tabel 3. Verifikasi Gelombang Pengukuran Lapangan dengan Peramalan

Gelombang	Hs (meter)	Ts (detik)
Pengukuran Lapangan	0.19	1.71
Peramalan Gelombang	0.23	1.93
<b>MRE (<i>Mean Relatif Error</i>)</b>	<b>21.05%</b>	<b>12.86%</b>

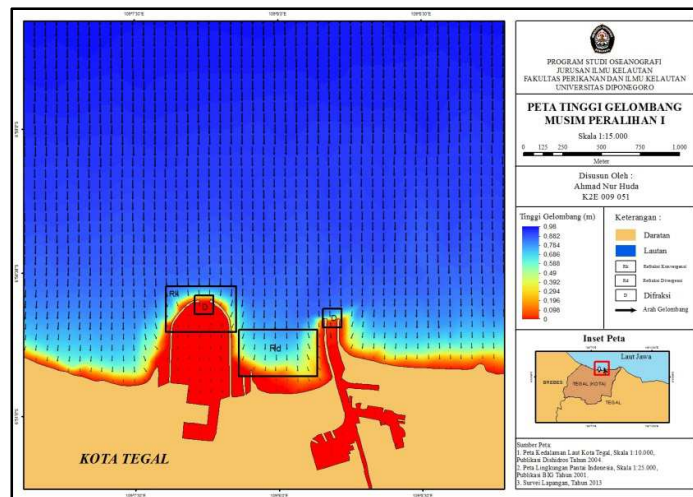
Verifikasi hasil model dilakukan dengan data lapangan yang diukur pada tanggal 6 – 9 Oktober 2013. Model dijalankan dengan masukan nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) hasil peramalan gelombang tanggal 6 – 9 Oktober 2013. Nilai tinggi gelombang hasil model yang diambil untuk verifikasi merupakan nilai tinggi gelombang di titik yang sama dengan titik pengambilan data lapangan. Nilai  $H_s$  lapangan adalah 0.19 meter sedangkan nilai  $H_s$  model adalah 0.2237 meter. Nilai relatif error yang didapatkan adalah 17.74 %.

#### c. Pemodelan Gelombang

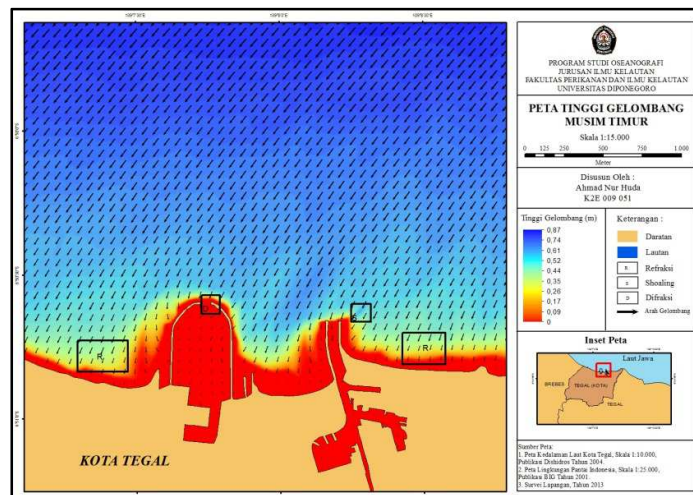
Model gelombang dijalankan dengan skenario tiap musim dengan input tinggi, periode dan arah gelombang dari masing – masing musim. Gambaran pola transformasi gelombang ditunjukkan dalam vektor sebagai arah gelombang dan perbedaan warna sebagai perubahan tinggi gelombang.



Gambar 4. Peta Transformasi Gelombang Musim Barat

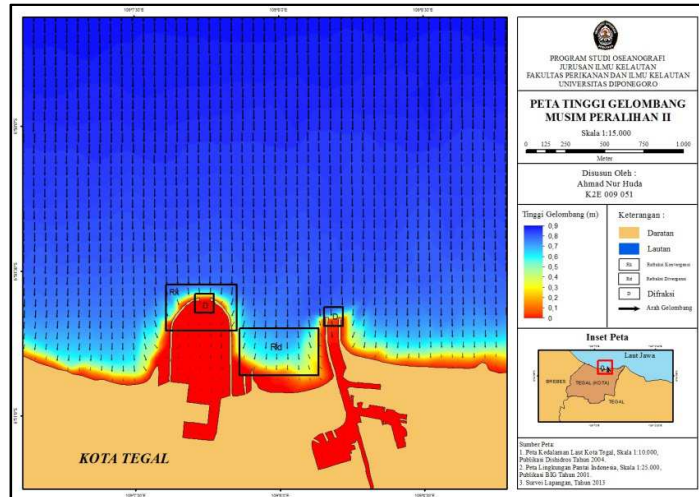


Gambar 5. Peta Transformasi Gelombang Musim Peralihan I



Gambar 6. Peta Transformasi Gelombang Musim Timur





Gambar 7. Peta Transformasi Gelombang Musim Peralihan II

Berdasarkan pemodelan gelombang didapatkan bahwa pada musim Barat (Gambar 4), arah dominan gelombang berasal dari arah Barat Laut, musim Peralihan I dan Peralihan II (Gambar 5 dan 7) arah dominandatangnya gelombang berasal dari arah Utara, sedangkan pada musim Timur (Gambar 6) arah dominan gelombang berasal dari arah Timur Laut. Keseluruhan musim menunjukkan bahwa gelombang menjalar dari perairan dalam menuju dangkal.

Berdasarkan hasil pemodelan dapat diketahui bahwa di lokasi penelitian pada setiap musimnya, gelombang mengalami proses transformasi gelombang yaitu Refraksi, Difraksi, dan efek pendangkalan (*shoaling*).

Refraksigelombang terjadi pada seluruh musim, hanya sudut datang sinar gelombang saja yang berbeda. Fenomena refraksi ini dapat dilihat pada lokasi R, dimana vektor gelombang berbelok arah dan berusaha tegak lurus dengan garis pantai ketika menuju pantai. Dalam hal ini garis vektor tersebut menunjukkan sinar gelombang (*ray*). Hal ini didukung oleh pernyataan dari Ningsih (2002) yang menjelaskan bahwa pada saat terjadi refraksi gelombang, sinar gelombang arahnya tegak lurus muka gelombang. Karena muka gelombang cenderung sejajar dengan kontur kedalaman maka sinar gelombang cenderung tegak lurus terhadap kontur kedalaman. Proses Refraksi disebabkan adanya pengaruh kedalaman, dimana di daerah pantai relatif lebih dangkal dibandingkan dengan di perairan dalam.

Refraksi Konvergensi dan Refraksi Divergensi ditemukan pada musim Peralihan I dan Peralihan II. Proses Refraksi Konvergensi (penguncupan) ditemukan pada daerah tanjung, yang ditunjukkan oleh lokasi Rk. Terjadi pemusatan energi pada daerah Refraksi Konvergensi tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan pada saat terjadi gelombang besar akibat adanya pemusatan energi gelombang. Refraksi Divergensi (penyebaran) ditemukan pada musim Peralihan I dan II. Daerah yang terletak diantara dua jetty mengalami sedimentasi di sekitarnya dan membentuk daerah seperti teluk. Maka terjadi refraksi divergensi yang ditandai oleh lokasi Rd.

Proses difraksi juga terjadi pada seluruh musim. Difraksi yang terjadi di musim ini ditunjukkan oleh lokasi D pada peta. Menurut Triatmodjo (1999), difraksi terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok disekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah yang terlindung di belakangnya. Gelombang yang datang ini akan menabrak suatu bangunan berupa *jetty* yang melindungi Pelabuhan. Difraksi terjadi dalam arah tegak lurus penjalaran menuju daerah yang terlindung yang menyebabkan perbedaan energi yang tajam di sepanjang puncak

gelombang. Hal ini dapat dilihat pada gambar dimana bagian belakang dari sisi jetty yang berwarna merah menandakan tinggi gelombang yang kecil, akan tetapi dapat dilihat dari arah vektor yang berusaha mengisi kekosongan di belakangnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Triatmodjo (1999), difraksi terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah yang terlindung di belakangnya.

Efek dari *shoaling* dapat terlihat di lokasi S pada musim Timur. *Shoaling* adalah proses berkurangnya tinggi akibat perubahan kedalaman. Kecepatan tinggi gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang ada di perairan dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada di perairan yang lebih dalam.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil peramalan arah dan kecepatan angin selama 5 tahun (2009 – 2013), maka pada musim Barat gelombang menjalar dari arah Barat Laut menuju Tenggara dengan tinggi gelombang antara 0.34-1.34 meter, musim Timur tinggi gelombang antara 0.11-0.87 meter dan arah penjarannya berasal dari Timur Laut, sedangkan musim Peralihan I dan Peralihan II gelombang menjalar dari arah Utara menuju Selatan dengan tinggi gelombang masing-masing adalah 0.34-0.98 meter dan 0.1-0.9 meter.

Proses refraksi gelombang terlihat pada seluruh skenario musim, dimana gelombang menjalar dari laut dalam menuju pantai dan arah gelombang semakin tegak lurus dengan pantai. Refraksi konvergensi terjadi pada morfologi pantai yang berbentuk tanjung yaitu pada ujung *jetty*. Refraksi divergensi terjadi pada daerah diantara dua *jetty* yang membentuk teluk. Refraksi konvergensi dan refraksi divergensi lebih terlihat pada musim Peralihan I dan Peralihan II saat gelombang datang dari arah utara.

Difraksi terjadi pada seluruh musim, gelombang yang menemui rintangan berupa bangunan pantai dibelokkan di sekitar ujung rintangan tersebut. Perbedaan proses difraksi pada setiap musim hanya pada sudut datang gelombang yang menabrak bangunan pantai tersebut. Efek Pendangkalan atau *shoaling* terlihat pada skenario musim timur. Gelombang datang dari arah timur laut. Terlihat gelombang bertambah tinggi kemudian menurun ketika kontur kedalaman bertambah.

### Daftar Pustaka

- Coastal and Hydraulic Laboratory (CHL). 2008. Coastal Engineering Manual. U.S. Army Corps of Engineers, Washington.
- Coastal Engineering Research Center (CERC). 1984. Shore Protection Manual Volume I. US Army Corps of Engineer Washington D.C., Chapter 3: 1-53.
- Ningsih, N.S. 2002. Diktat Kuliah Gelombang Laut. ITB, Bandung.
- Pratikto, W.A., Haryo Dwi Armono, Suntoyo. 1997. Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut. BPFE, Yogyakarta.
- Sudjana, M.M. 1992. Metode Statistika. Tarsito, Bandung.
- Sugianto, D.N. 2010. Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Pacitan, Jawa Timur". Jurnal Ilmu Kelautan 15 (3) : 143-152.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_. 2009. Metode Numerik. Beta Offset, Yogyakarta.
- World Meteorological Organization (WMO). 1998. Guide to Wave Analysis And Forecasting. World Meteorological Organization, Jenewa.



